

## ⑫ 公開特許公報(A)

平1-241862

⑨ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)9月26日

H 01 L 27/12  
G 02 F 1/133  
H 01 L 21/20  
29/78

3 2 7

3 1 1

A-7514-5F

7370-2H

7739-5F

Y-7925-5F 審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑭ 発明の名称 表示装置の製造方法

⑯ 特 願 昭63-70243

⑰ 出 願 昭63(1988)3月24日

⑱ 発 明 者 鮫 島 俊 之 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
⑱ 発 明 者 富 田 尚 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
⑱ 発 明 者 碓 井 節 夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
⑲ 出 願 人 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
⑳ 代 理 人 弁理士 杉浦 正知

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

表示装置の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

薄膜トランジスタにより絵素電極をオン/オフ  
するようにしたアクティブ・マトリクス方式の表  
示装置の製造方法において、

透明基板上にアモルファスのシリコン膜を形成  
する工程と、

上記アモルファスのシリコン膜に第1のバルス  
レーザービームを照射して加熱することにより結  
晶化する工程と、

上記結晶化されたシリコン膜上にゲート絶縁膜  
及びゲート電極を形成する工程と、

上記結晶化されたシリコン膜上に不純物を堆積  
後または不純物を含むガス中で上記結晶化された  
シリコン膜に第2のバルスレーザービームを照射  
して上記結晶化されたシリコン膜中に上記不純物  
を拡散させることにより上記薄膜トランジスタの  
ソース領域及びドレイン領域を形成する工程とを

有することを特徴とする表示装置の製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、表示装置の製造方法に関し、例えば  
アクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイ  
の製造に適用して好適なものである。

## (発明の概要)

本発明は、薄膜トランジスタにより絵素電極を  
オン/オフするようにしたアクティブ・マトリク  
ス方式の表示装置の製造方法において、透明基板  
上にアモルファスのシリコン膜を形成する工程と、  
上記アモルファスのシリコン膜に第1のバルスレ  
ーザービームを照射して加熱することにより結晶  
化する工程と、上記結晶化されたシリコン膜上に  
ゲート絶縁膜及びゲート電極を形成する工程と、  
上記結晶化されたシリコン膜上に不純物を堆積後  
または不純物を含むガス中で上記結晶化されたシ  
リコン膜に第2のバルスレーザービームを照射し  
て上記結晶化されたシリコン膜中に上記不純物を

拡散させることにより上記薄膜トランジスタのソース領域及びドレイン領域を形成する工程とを有する。これによって、安価なガラス基板や樹脂基板を用いて高性能の薄膜トランジスタを製造することができ、しかもこの薄膜トランジスタのソース領域及びドレイン領域をゲート電極に対して自己整合的に形成することができる。また、表示装置の製造工程を簡略化することができる。

#### 〔従来の技術〕

従来、各絵素に形成された薄膜トランジスタにより絵素電極をオン／オフして表示を行うアクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイが知られている。第5図A及び第5図Bは従来のアクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイの一例を示す。第5図A及び第5図Bに示すように、この液晶ディスプレイにおいては、透明なガラス基板101上にITO (Indium Tin Oxide) から成る絵素電極102、この絵素電極102をオン／オフするための薄膜トランジスタT、ゲート・バ

ス・ライン103及びソース・バス・ライン104が形成されている。上記薄膜トランジスタTは、上記ゲート・バス・ライン103と一体的に形成されているゲート電極105、 $\text{SiO}_2$ 膜（または $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜）のようなゲート絶縁膜106、真性（i型）の水素化アモルファスシリコン（a-Si:H）膜107、n型のa-Si:H膜から成るソース領域108及びドレイン領域109により構成されている。この場合、ソース領域108は上記ソース・バス・ライン104と接続され、ドレイン領域109はアルミニウム（Al）のような金属の配線110により上記絵素電極102と接続されている。なお、第5図Aにおいては、上記ゲート絶縁膜106、a-Si:H膜107、ソース領域108及びドレイン領域109の図示は省略されている。

なお、本発明に関連する先行技術文献として、酸素（O）または窒素（N）原子を含む半導体層により絵素電極が形成された液晶表示素子に関する特開昭61-249080号公報が挙げられる。

3

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

上述の従来のアクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイにおける薄膜トランジスタTはa-Si:H膜107を用いて形成されている。このa-Si:H膜107は、プラズマCVD法を用いることにより耐熱性のないガラス基板101上に形成することができる。しかし、このa-Si:H膜107中のキャリア（電子）の移動度は十分に高いとは言えない。また、この薄膜トランジスタTのソース領域108及びドレイン領域109はゲート電極105に対して自己整合的に形成することができないため、これらのソース領域108及びドレイン領域109とゲート電極105との合わせ精度が悪い。さらに、絵素電極102の形成からソース・バス・ライン104及び配線110の形成まで非常に多くのリソグラフィ工程が必要であり、製造工程が複雑である。

従って本発明の目的は、安価なガラス基板や樹脂基板を用いてキャリアの移動度の高い高性能の

薄膜トランジスタを製造することができる表示装置の製造方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、薄膜トランジスタのソース領域及びドレイン領域をゲート電極に対して自己整合的に形成することができる表示装置の製造方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、製造工程を簡略化することができる表示装置の製造方法を提供することにある。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本発明は、薄膜トランジスタ（T）により絵素電極（13）をオン／オフするようにしたアクティブ・マトリクス方式の表示装置の製造方法において、透明基板（1）上にアモルファスのシリコン膜（3）を形成する工程と、アモルファスのシリコン膜（3）に第1のバルスレーザービーム（5）を照射して加熱することにより結晶化する工程と、結晶化されたシリコン膜（6）上にゲート絶縁膜（4、7）及びゲート電極（10）を形

5

6

成する工程と、結晶化されたシリコン膜(6)上に不純物を堆積後または不純物を含むガス中で結晶化されたシリコン膜(6)に第2のパルスレーザービーム(5)を照射して結晶化されたシリコン膜(6)中に不純物を拡散させることにより薄膜トランジスタ(T)のソース領域(12)及びドレイン領域(13)を形成する工程とを有する表示装置の製造方法である。

#### 〔作用〕

上記した手段によれば、結晶化されたシリコン膜により薄膜トランジスタを形成することができるので、キャリアの移動度を高くすることができる。しかも、アモルファスのシリコン膜の形成及びその結晶化、ソース領域及びドレイン領域を形成するための不純物ドーピング等はいずれも室温～300℃程度の低温で行うことができる。従って、安価なガラス基板や樹脂基板を用いて高性能の薄膜トランジスタを製造することができる。また、パルスレーザービームの照射により、ゲート

電極に対して自己整合的にシリコン膜中に不純物ドーピングが行われるので、薄膜トランジスタのソース領域及びドレイン領域をゲート電極に対して自己整合的に形成することができる。さらに、これらのソース領域及びドレイン領域を形成するために従来のようにリソグラフィ工程を必要としないので、少なくともこの分だけリソグラフィ工程の数が少なくなり、従って製造工程を簡略化することができる。

#### 〔実施例〕

以下、本発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。この実施例は本発明をアクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイの製造に適用した実施例である。

第1図A～第1図Dは本発明の一実施例によるアクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイの製造方法を工程順に示し、第2図はその完成状態を示す。なお、第1図A～第1図Dは第2図のY-Y線に沿っての断面図である。

7

本実施例においては、第1図Aに示すように、まずあらかじめ洗浄された透明なガラス基板1上に例えばプラズマCVD法により例えば室温～300℃程度の基板温度で例えば膜厚300Å程度のSiN膜2、例えば膜厚300～1000Å程度のi型のa-Si:H膜3及び例えば膜厚1000Å程度のSiN膜4を順次形成する。上記SiN膜2によってガラス基板1からの汚染を防止することができる。

次に、例えば室温でパルスレーザービーム5を全面に照射する。このパルスレーザービーム5としては例えばXeClエキシマーレーザーによるパルスレーザービーム(波長308nm)を用いることができ、そのパルス幅は例えば30ns、照射エネルギー密度は例えば200～300mJ/cm<sup>2</sup>である。このパルスレーザービーム5の照射により上記a-Si:H膜3が瞬間的に加熱され、結晶化される。これによって、第1図Bに示すように、多結晶のSi膜6を室温で形成することができる。次に、上記SiN膜4及びこの結晶化されたSi膜6

8

をエッチングによりパターンニングして、後述の薄膜トランジスタT形成用のSi膜と絵素電極13形成用のSi膜とが一体化された島状パターンを形成する。次に、例えばプラズマCVD法により全面に例えば膜厚1000～2000ÅのSiO<sub>2</sub>膜7を形成した後、さらにこのSiO<sub>2</sub>膜7上に例えばスパッタ法や蒸着法により例えば膜厚1000～2000ÅのAl膜8を形成する。

次に、これらのAl膜8及びSiO<sub>2</sub>膜7をエッチングにより所定形状にパターンニングして、第1図C及び第2図に示すように、ゲート・バス・ライン9及びゲート電極10を形成する。次に、このパターンニングされたSiO<sub>2</sub>膜7をマスクとして上記SiN膜4をエッチングすることにより上記Si膜6を露出させる。なお、このパターンニング後のSiN膜4及び上記SiO<sub>2</sub>膜7によりゲート絶縁膜が構成される。次に、例えばプラズマCVD法により全面に例えば膜厚100Åのリン(P)膜11を形成した後、例えばXeClエキシマーレーザーによるパルスレーザービーム5を全面に照射

9

10

する。このパルスレーザービーム5のパルス幅は例えば20 nsであり、照射エネルギー密度は例えば200~300 mJ/cm<sup>2</sup>である。このパルスレーザービーム5の照射により上記Si膜6が瞬間的に加熱され、その結果上記P膜11が直接接している上記Si膜6中にPが上記ゲート電極10に対して自己整合的にドーピングされる。これによって、例えばn<sup>+</sup>型のソース領域12とドレイン領域を兼用する例えばn<sup>+</sup>型の絵素電極13とを上記ゲート電極10に対して自己整合的に形成することができる。これらのソース領域12及びドレイン領域を兼用する絵素電極13の抵抗率ρは10<sup>-3</sup>~10<sup>-4</sup> Ω・cmと低くすることができる。また、後述のように波長300~800 nmの可視光に対するこの絵素電極13の透過特性は良好である。この後、上記P膜11をエッチング除去する。なお、上述のような不純物ドーピング法は、LIMPID (Laser Induced Melting of Predeposited Impurity Doping) 法と呼ばれているものである。

11

ドレイン領域とによりnチャネルの薄膜トランジスタTが構成されている。

第3図は形成直後(as-deposited)のa-Si:H膜(膜厚550 Å)及びこのa-Si:H膜をパルスレーザービームの照射により結晶化した後の透過スペクトルを示し、第4図はこの第3図に示す透過スペクトルから計算により求めた吸収係数の波長依存性を示す。

第3図からわかるように、形成直後のa-Si:H膜は、青色の光は透過しにくく、緑色及び赤色の光は透過しやすいため、膜の色は茶色に見える。これに対して、このa-Si:H膜をパルスレーザービームの照射により結晶化した後には、第4図からわかるように特に青~緑の光に対する吸収係数が減少し、このため第3図からわかるように結晶化後のSi膜は青色の光に対しても透過率は高くなり、従って赤、緑、青の三原色の光に対して35~45%の高い透過率が得られている。この結果、可視域で色合いの優れた白色透明のSi膜6を得ることができる。上述の35~45%という透

13

次に第1図Dに示すように、全面に例えば膜厚0.15~1 μmの感光性のポリイミドのような層間絶縁膜14を形成した後、この層間絶縁膜14の所定部分を除去してコンタクトホール14aを形成する。次に、全面に例えばAl膜を形成した後、このAl膜をエッチングにより所定形状にパターンニングしてソース・バス・ライン15を形成する。このソース・バス・ライン15は上記コンタクトホール14aを通じて上記ソース領域12に接続されている。次に、全面に液晶配向膜(図示せず)を形成した後、SiN膜4とSi膜6との界面の特性改善やSiO<sub>2</sub>膜7及び層間絶縁膜14の耐圧改善等のために必要に応じて例えば300~400℃の温度でアニールを行う。この後、液晶の封入工程等を経て、目的とする液晶ディスプレイが完成される。

このようにして製造される液晶ディスプレイにおいては、上記ゲート電極10と、上記SiN膜4及びSiO<sub>2</sub>膜7から成るゲート絶縁膜と、上記ソース領域12と、絵素電極13により兼用される

12

過率の値はITOのそれ(第3図参照)に比べると低い、実用上十分な値である。なお、結晶化されたSi膜6上に例えばSiN膜のような無反射膜を形成して反射を抑えれば、この透過率は例えば80%程度に向上させることが可能である。

本実施例によれば次のような種々の利点がある。すなわち、パルスレーザービーム5の照射により、a-Si:H膜3の結晶化を室温で行うことができる。また、ソース領域12及びドレイン領域を兼用する絵素電極13を形成するための不純物ドーピングも同様にパルスレーザービーム5の照射により室温で行うことができる。従って、本実施例によれば、耐熱性はないが安価なガラス基板1を用いてキャリア(電子)の移動度が高い高性能の薄膜トランジスタTを室温~300℃の低温プロセスで製造することができる。この薄膜トランジスタTにより、高速でしかもより大きな電流のスイッチングを行うことができる。また、薄膜トランジスタT形成用のSi膜と絵素電極13とを一回のリソグラフィーにより形成することができる

14

かりでなく、ソース領域12及び絵素電極13により兼用されるドレイン領域を形成するためにリソグラフィ工程を必要としないので、既述の従来の液晶ディスプレイに比べてリソグラフィ工程の数が少なくなり、従ってこの分だけ製造工程を簡略化することができる。さらに、ゲート電極10に対して自己整合的にSi膜6中に不純物がドーピングされるので、ソース領域12及びドレイン領域を兼用する絵素電極13をゲート電極10に対して自己整合的に形成することができる。

さらにまた、薄膜トランジスタ用のSi膜と絵素電極13とは共通の薄いSi膜6により形成されているため、表面は全体として平坦であり、従ってゲート・バス・ライン9やソース・バス・ライン15の断線を防止することができる。

以上、本発明の実施例につき具体的に説明したが、本発明は、上述の実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

例えば、 $a-Si:H$ 膜3の代わりに $a-Si_xC_{1-x}H$

$(0 < x < 1)$ 膜、 $a-Si_xN_{1-x}H$ 膜 $(0 < x < 1)$ 膜、 $a-Si_xO_{1-x}H$ 膜 $(0 < x < 1)$ 膜等を用いることができる。これらの $a-Si_xC_{1-x}H$ 膜、 $a-Si_xN_{1-x}H$ 膜及び $a-Si_xO_{1-x}H$ 膜は $a-Si:H$ 膜3に比べて吸収端がより短波長側にあるため、可視域で透過率をより高くすることができる。なお、これらのC、N、Oの濃度は例えば $10^{19}cm^{-3}$ 程度とすることができ、これによって可視域で吸収係数を $10^3cm^{-1}$ 以下にすることができる。また、これらの $a-Si_xC_{1-x}H$ 膜、 $a-Si_xN_{1-x}H$ 膜及び $a-Si_xO_{1-x}H$ 膜は、プラズマCVD法による成長時の反応ガスとしてSiH<sub>4</sub>の他にそれぞれ例えばC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>及びNO<sub>2</sub>を用いることにより形成することができる。さらに、透過率を高くする必要があるのは絵素電極13の部分であるので、例えば $a-Si:H$ 膜3を形成した後これに既述のLIMPID法によりC、NまたはOを添加してもよい。また、この $a-Si:H$ 膜3は必ずしもプラズマCVD法により形成する

15

必要はなく、スパッタ法や蒸着法により形成することも可能である。さらにまた、ソース領域12及びドレイン領域を兼用する絵素電極13を形成するための不純物ドーピング法としては、ドーピングしたい不純物を含むガス（例えばn型不純物の場合はPH<sub>3</sub>、p型不純物の場合はB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>）中でパルスレーザービームを照射することにより不純物ドーピングを行う方法であるGILD (Gas Immersion Laser Doping) 法を用いてもよい。

また、パルスレーザービーム5としては、例えばXeFエキシマーレーザーによるパルスレーザービーム（波長351nm）を用いることも可能である。さらに、ガラス基板1の代わりに例えばポリメタクリル酸メチル（PMMA）やポリカーボネート等の透明樹脂材料の基板を用いることも可能である。

また、上述の実施例においては、本発明を液晶ディスプレイの製造に適用した場合について説明したが、本発明は、液晶ディスプレイ以外のアクティブ・マトリクス方式の表示装置の製造に適用

16

することが可能である。例えば、上述の実施例における絵素電極13上の層間絶縁膜14を除去し、表示用物質として液晶の代わりに例えばエレクトロクロミック（EC）材料を用いれば、アクティブ・マトリクス方式のエレクトロクロミックディスプレイを製造することができる。なお、液晶の代わりに光センサー材料を用いれば、二次元センサーを製造することもできる。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、アモルファスのシリコン膜にパルスレーザービームを照射して加熱することにより結晶化するとともに、ソース領域及びドレイン領域をパルスレーザービームの照射による不純物ドーピングにより形成しているので、安価なガラス基板や樹脂基板を用いて高性能の薄膜トランジスタを製造することができる。また、ゲート電極に対して自己整合的にシリコン膜中に不純物がドーピングされるので、薄膜トランジスタのソース領域及びドレイン領域を

17

18

ゲート電極に対して自己整合的に形成することができる。さらに、ソース領域及びドレイン領域を形成するためにリソグラフィー工程を必要としないので、少なくともこの分だけリソグラフィー工程の数が少なくなり、これによって製造工程を簡略化することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図A～第1図Dは本発明の一実施例によるアクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイの製造方法を工程順に説明するための断面図、第2図は第1図A～第1図Dに示す方法により製造された液晶ディスプレイの完成状態を示す斜視図、第3図は形成直後のa-Si:H膜及びこのa-Si:H膜をパルスレーザービームの照射により結晶化した後の透過スペクトルを示すグラフ、第4図は第3図に示す透過スペクトルから計算により求めた吸収係数の波長依存性を示すグラフ、第5図Aは従来のアクティブ・マトリクス方式の液晶ディスプレイの一例を示す斜視図、第5図Bは第5図AのX-X断面図である。

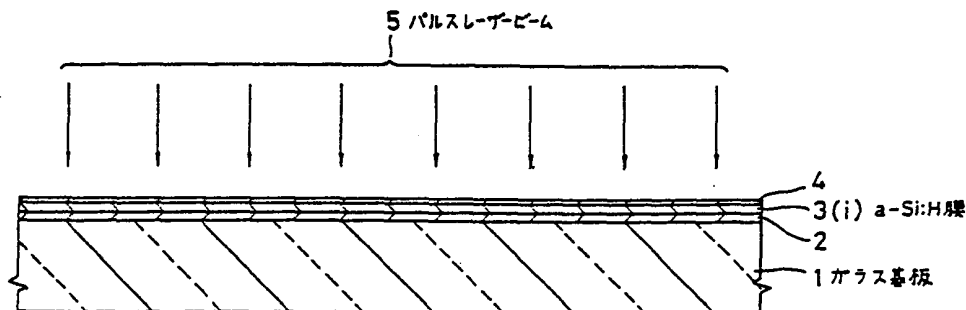
#### 図面における主要な符号の説明

1 : ガラス基板 (透明基板)、 3 : a-Si:H 膜、 6 : 結晶化されたSi膜、 9 : ゲート・バス・ライン、 10 : ゲート電極、 15 : ソース・バス・ライン、 T : 薄膜トランジスタ。

代理人 弁理士 杉 浦 正 知

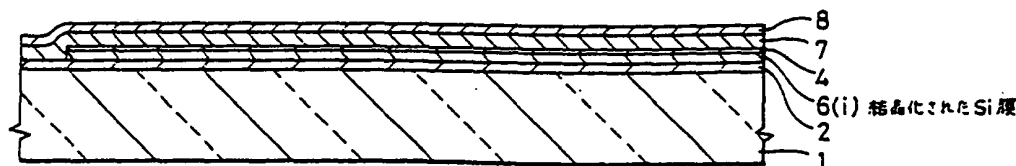
20

19



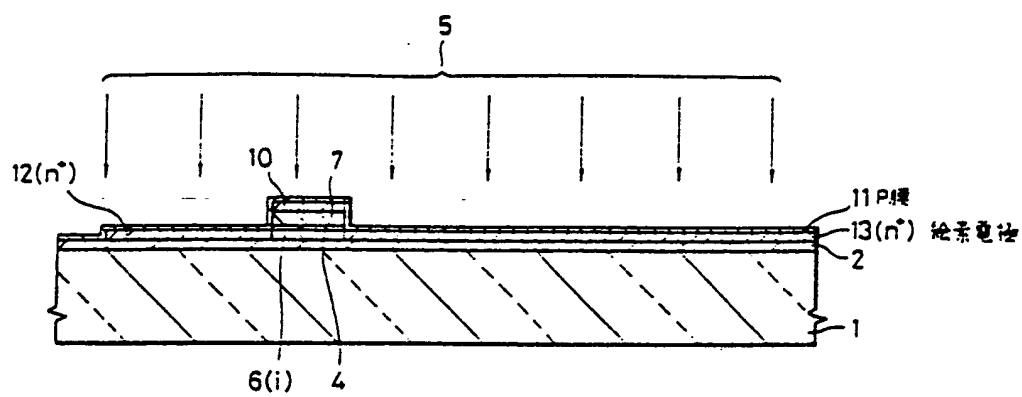
－ 実施例

第1図A

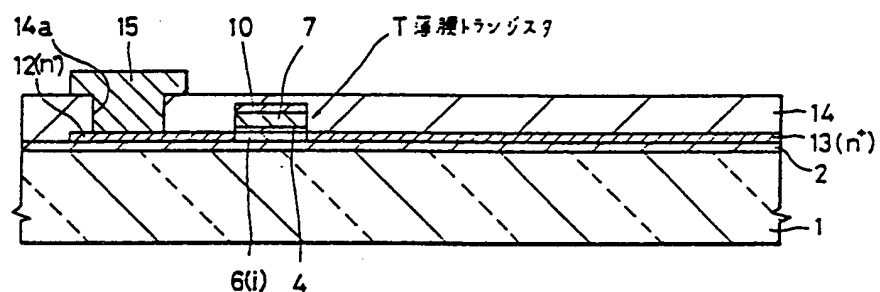


－ 実施例

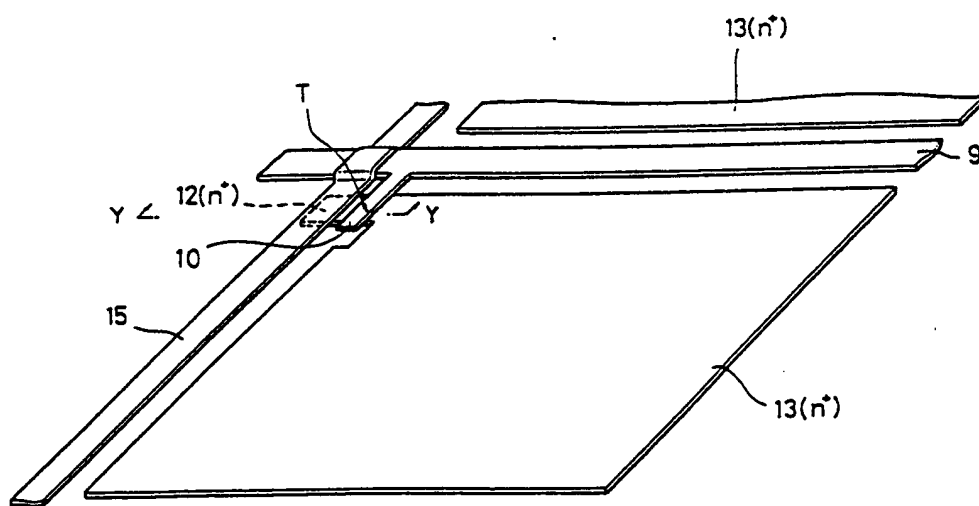
第1図B



— 実施例 —  
第 1 図 C

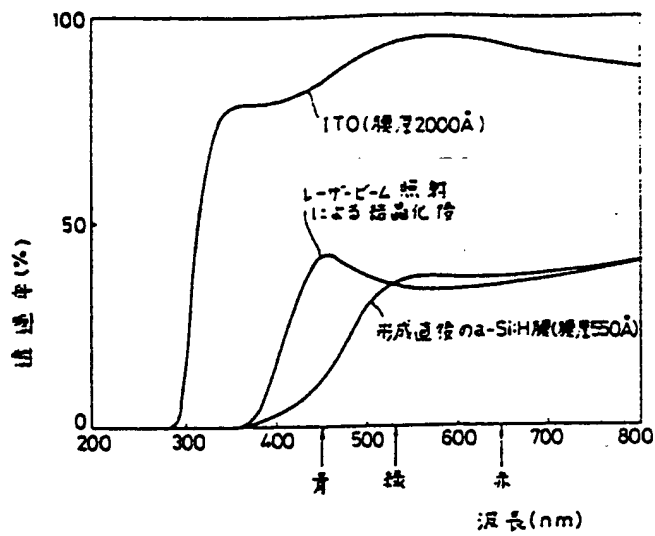


— 実施例 —  
第 1 図 D

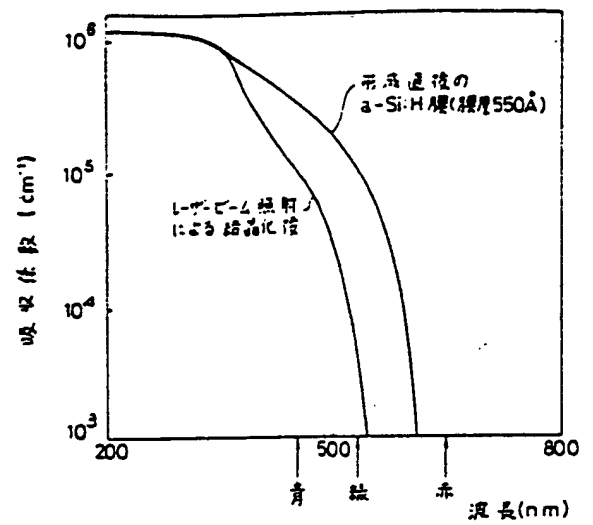


液晶ディスプレイの完成状態

第 2 図

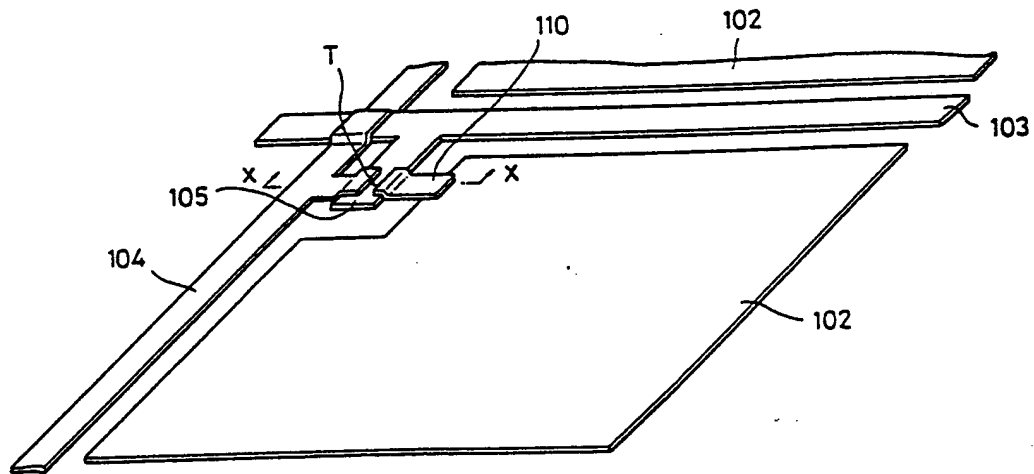


透過スペクトル  
第3図

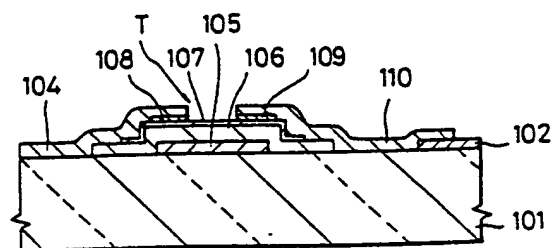


吸収係数の波長依存性

第4図



従来例  
第5図A



第5図AのX-X断面図

第5図B

(12) Patent Laid-Open Official Gazette (A)

(19) Japanese Patent Office (JP)

(11) Patent Laid-Open Number: Heil-241862

(43) Date of Laid-Open: September 26, 1989

(51) Int. Cl.4

H 01 L 27/12

G 02 F 1/133

H 01 L 21/20

29/78

Discrimination Mark:

327

311

Official Reference No.

7514-5F

7370-2H

7739-5F

Y- 7925-5F

Request for Examination: No

Number of Invention: 1

(54) Title of Invention:

Manufacturing method of display device

(21) Application No. : Sho63-70243

(22) Filing Date : March 24, 1988

(72) Inventor : Sameshima, Toshiyuki  
c/o Sony Corporation  
6-7-35 Kitashinagawa, Shinagawa, Tokyo

(72) Inventor : Tomita, Sho  
c/o Sony Corporation  
6-7-35 Kitashinagawa, Shinagawa, Tokyo

(72) Inventor : Usui, Setsuo  
c/o Sony Corporation  
6-7-35 Kitashinagawa, Shinagawa, Tokyo

(71) Applicant : Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa  
Shinagawa, Tokyo

(74) Attorney: Sugiura, Masatomo, Patent Attorney

### Specification

1. Title of Invention:

Manufacturing method of display device

2. What is Claimed

A manufacturing method of an active matrix display device wherein a pixel electrode is turned ON/OFF by a thin film transistor, comprising;

a process forming an amorphous silicon film on a transparent substrate;

a process irradiating a first pulsed laser beam to apply heat to said amorphous silicon film for crystallization;

a process forming a gate insulating film and a gate electrode on said crystallized silicon film; and

a process forming a source region and a drain region of said thin film transistor by diffusing an impurity into said crystallized silicon film by irradiating a second pulsed laser beam to said crystallized silicon film after depositing said impurity on said crystallized silicon film, or in a gas containing said impurity.

### 3. Detailed Description of Invention

[Field for Industrial Use]

The present invention relates to a manufacturing method of display device which is suitable, for example, for the application in the manufacturing of an active matrix type liquid crystal display.

[Abstract of the Invention]

The present invention, in a manufacturing method of an active matrix type display device wherein a pixel electrode is turned ON/OFF by a thin film transistor, comprises a process an amorphous silicon film is formed on a transparent substrate, a process irradiating a first pulsed laser beam to apply heat to said amorphous silicon film for crystallization, a process forming a gate insulating film and a gate electrode on said crystallized silicon film, and a process forming a source region and a drain region of said thin film transistor by diffusing an impurity into said

crystallized silicon film by irradiating a second pulsed laser beam to said crystallized silicon film after depositing said impurity on said crystallized silicon film, or in a gas containing said impurity. By this, a high-performance thin film transistor can be manufactured using a cheap glass substrate or resin substrate, and in addition, the source region and the drain region of this thin film transistor can be formed self-alignedly in relation to the gate electrode. Also, the manufacturing processes of the display device can be simplified.

[Prior Art]

Conventionally, an active matrix type liquid crystal display device which turns ON/OFF its pixel electrodes by thin film transistors formed in the respective pixels, has been known. Fig. 5 A and Fig. 5 B indicate an example of a conventional active matrix type liquid crystal display. As indicated by Fig. 5 A and Fig. 5 B, in this liquid crystal display, on a transparent glass substrate (101), a pixel electrode (102) made of ITO (Indium Tin Oxide), a thin film transistor (T) to turn ON/OFF this pixel electrode (102), a gate bus line (103) and a source bus line (104) are formed. Said thin film transistor (T) is constituted by a gate electrode (105) which is formed in the same body with said gate bus line (103), a gate insulating film (106) such as an  $\text{SiO}_2$  film (or  $\text{SiN}$  film), an intrinsic (I-type) hydrogenated

amorphous silicon (a-Si:H) film (107) and a source region (108) and a drain region (109) made of an n<sup>+</sup>-type a-Si:H film. In this case, the source region (108) is connected to said source bus line (104) and the drain region (109) is connected to said pixel electrode (102) by a metal line (110) such as aluminum (Al). Also, in Fig. 5 A, said gate insulating film (106), a-Si:H film (107), source region (108) and drain region (109) are omitted.

As for a technical reference of the prior art relative to the present invention, a patent official gazette, Laid-Open #: Sho61-249080, which relates to a liquid crystal display element wherein a pixel electrode is formed by a semiconductor layer containing oxygen (O) or nitrogen (N) can be referred.

[Problems the Present Invention Attempts to Solve]

The transistor (T) of the aforementioned conventional active matrix type liquid crystal display is formed using the a-Si:H film (107). This a-Si:H film (107) can be formed on the glass substrate (101) which is not thermally resistive by employing a plasma CVD method. However, the mobility of carriers (electrons) in this a-Si:H film (107) can hardly be said sufficiently high. Also, since the source region (108) and the drain region (109) of this thin film transistor (T) cannot be formed self-alignedly in relation to the gate electrode (105), the alignment accuracy

between these source region (108) and drain region (109) and the gate electrode (105) is poor. Furthermore, so many lithography processes are required, from the formation of the pixel electrode (102) through the formation of the source bus line (104) and to the wiring (110), thus the manufacturing processes are complex.

Therefore, the object of the present invention is to provide a manufacturing method of a display device which allows to fabricate a high-performance thin film transistor with high carrier mobility using a cheap glass substrate or resin substrate.

Another object of the present invention is to provide a manufacturing method of a display device wherein the source region and drain region of a thin film transistor can be formed self-alignedly in relation to the gate electrode.

Still further object of the present invention is to provide a manufacturing method of a display device wherein the manufacturing processes can be simplified.

[How to Solve the Problems]

The present invention is a manufacturing method of a display device which is a manufacturing method of an active matrix display device wherein a pixel electrode (13) is turned ON/OFF by a thin film transistor (T), comprising a process forming an amorphous silicon film (3) on a transparent substrate (1), a process irradiating a first

pulsed laser beam (5) to apply heat to said amorphous silicon film (3) for crystallization, a process forming gate insulating films (4, 7) and a gate electrode (10) on said crystallized silicon film, and a process forming a source region (12) and a drain region (13) of said thin film transistor (T) by diffusing an impurity into said crystallized silicon film (6) by irradiating a second pulsed laser beam (5) to said crystallized silicon film (6) after depositing said impurity on said crystallized silicon film, or in a gas containing said impurity.

[Operation]

According to the above method, since the thin film transistor can be formed by the crystallized silicon film, the mobility of carriers can be increased. Moreover, the formation and crystallization of the amorphous silicon film, the impurity doping for the formation of the source region and drain region can be performed at a low temperature from room temperature to around 300°C. Therefore, a high-performance thin film transistor can be manufactured using a cheap glass substrate or resin substrate. Also, by irradiating the pulsed laser beam, the impurity is doped into the silicon film self-alignedly in relation to the gate electrode, so that the source region and drain region of the thin film transistor can be formed self-alignedly in relation to the gate electrode. In addition, since a

lithography process is not required for the formation of the source region and drain region as in the conventional method, the number of the lithography processes can be reduced at least by this amount, thus the manufacturing processes can be simplified.

[Embodiment]

Hereafter, one embodiment of the present invention is explained in accordance with figures. This embodiment is a case where the present invention is applied to a manufacturing method of an active matrix type liquid crystal display.

Fig. 1 A through Fig. 1 D indicate the process flow of the manufacturing method of the active matrix type liquid crystal display in the embodiment of the present invention, and Fig. 2 shows its finished state. Fig. 1 A through Fig. 1 D are cross sectional views taken along the line Y-Y in Fig. 2.

In this embodiment, as indicated in Fig. 1 A, first, on a glass substrate (1) which has been cleaned beforehand, an SiN film (2) for example, in a film thickness of, for example, around 300Å, an I-type a-Si:H film (3) for example, in a film thickness of, for example, from 300 to around 1000 Å, and an SiN film (4) for example, in a film thickness of, for example, around 1000Å, are sequentially formed by, for example, a plasma CVD method at a substrate temperature, for

example, from room temperature to around 300°C. By said SiN film (2), the contamination from the glass substrate can be prevented.

Next, for example, at room temperature, a pulsed laser beam (5) is irradiated on the entire surface. As for this pulsed laser beam, for example, the pulsed laser beam (wavelength 308nm) by XeCl excimer laser can be used, and the pulse width thereof is, for example, 30ns, the irradiation energy density is, for example, 200 to 300nJ/cm<sup>2</sup>. By the irradiation of this pulsed laser beam (5), said a-Si:H is heated instantaneously and crystallized. By this, as indicated in Fig. 1 B, a polycrystalline Si film (6) can be formed. Next, said SiN film (4) and this crystallized Si film (6) is patterned by etching to form an island pattern which is an incorporated body of a later-described thin film transistor and an Si film for forming a pixel electrode (13). Next, by a plasma CVD method for example, an SiO<sub>2</sub> film (7) is formed in a film thickness of, for example, 1000 to 2000Å, and thereafter, on this SiO<sub>2</sub> film (7), an Al film (8) is formed in a film thickness of, for example, 1000 to 2000Å by a sputtering method or vapor deposition method.

Next, these Al film (8) and SiO<sub>2</sub> film (7) are patterned into a specified shape by etching to form a gate bus line

(9) and a gate electrode (10) as indicated in Fig. 1 C and Fig. 2. Then, using this patterned  $\text{SiO}_2$  film (7) as a mask, said  $\text{SiN}$  film (4) is etched off to expose said  $\text{Si}$  film (6). A gate insulating film is constituted by the  $\text{SiN}$  film (4) and said  $\text{SiO}_2$  film (7) after this patterning. Next, by a plasma CVD method for example, on the entire surface, a phosphorus (P) film (11) in a film thickness of, for example,  $100\text{\AA}$  is formed, and thereafter, by a pulsed laser beam (5) by, for example,  $\text{XeCl}$  excimer laser is irradiated on the entire surface. The pulse width of this pulsed laser beam (5) is, for example,  $20\text{ns}$ , and the irradiation energy density is, for example,  $200$  to  $300\text{mJ/cm}^2$ . By the irradiation of this pulsed laser beam (5), said  $\text{Si}$  film (6) is heated instantaneously, and as a result, into said  $\text{Si}$  film (6) with which said P film (11) is in direct contact, P is doped self-alignedly in relation to said gate electrode (10). By this, for example, an  $n^+$ -type source region (12) and an  $n^+$ -type pixel electrode (13) which also acts as, for example, drain region, is formed self-alignedly in relation to said gate electrode (10). The resistance  $\rho$  of these source region (12) and pixel electrode (13) which also acts as the drain region, can be made as low as  $10^{-2}$  to  $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$ . Also, as explained later, the transmittance characteristic of this pixel electrode (13) for visible light with

wavelength of 300 to 800nm is desirable. Thereafter, said P film (11) is etched off. The impurity doping method such as above described is what is called LIMPID (Laser Induced Melting of Predeposited Impurity Doping).

Next, as indicated in Fig. 1 D, on the entire surface, an interlayer insulating film (14) such as photosensitive polyimide is formed in a film thickness of, for example, 0.15 to 1  $\mu\text{m}$ , and thereafter, a specific region of this interlayer insulating film (14) is removed to form a contact hole (14a). Next, after an Al film for example, is formed on the entire surface, this Al film is patterned into a specific pattern by etching to form a source bus line (15). This source bus line (15) is connected to said source region (12) through said contact hole (14a). Next, after a liquid crystal alignment layer (not indicated in the figures) is formed on the entire surface, in order to improve the characteristic of the interface between the SiN film (4) and the Si film (6) and voltage resistivity of the interlayer insulating film (14) or the like, annealing is performed at a temperature, for example, 300 to 400°C as necessary. Thereafter, through the liquid crystal sealing process and the like, an objective liquid display is completed.

In a liquid crystal display manufactured in this manner, the n-channel thin film transistor (T) is constituted by said gate electrode (10), the gate insulating film comprised

of said SiN film (4) and SiO<sub>2</sub> film (7), said source region (12) and the drain region which is also used as the pixel electrode (13).

Fig. 3 indicates the transmittance spectrum of an as-deposited a-Si:H film (film thickness : 550Å) and that of the a-Si:H film after crystallization by the irradiation of the pulsed laser beam, and Fig. 4 indicates the wavelength dependency of the absorption coefficient calculated by the transmittance spectrums in Fig. 3.

As it can be understood from Fig. 3, the as-deposited a-Si:H film does not transmit much of blue ray, but transmits green and red rays very well, therefore, the film color looks brown. On the other hand, after this a-Si:H film is crystallized by the irradiation of the pulsed laser beam, as it can be seen in Fig. 4, the absorption coefficient is reduced especially for the blue to green rays, therefore, as it can be seen also in Fig. 3, the transmittance of the crystallized Si film for blue ray is increased, thereby gaining a high transmittance from 35 to 45% for the three primary colors, red, green and blue. As a result, the Si film (6) having a superior white transparent color in the visible region can be obtained. The aforementioned value of the transmittance from 35 to 45% is low when compared to that of ITO (refer Fig. 3), however, it is a sufficient

value for the practical use. Also, by forming an antireflection film such as, for example, an SiN film on the crystallized Si film (6) to restrain the reflection, it is possible to improve the transmittance to, for example, around 80%.

The present invention yields the following various benefits. That is, the crystallization of the a-Si:H film (3) can be performed at room temperature by the irradiation of the pulsed laser beam (5). Also, the impurity doping to form the pixel electrode (13) which also acts as the source region (12) and the drain region can be performed similarly at room temperature by the irradiation of the pulsed laser beam (5). Therefore, according to the present invention, the high-performance thin film transistor (T) with high carrier (electron) mobility can be manufactured by low-temperature processes from room temperature to around 300°C using a glass substrate (1) which is not thermally resistive, but cheap. By this thin film transistor (T), high-speed switching with a large electric current can be performed. Also, it, not only allows to form the Si film for thin film transistor (T) formation and the pixel electrode (13) by a single lithography, but also requires less number of lithography processes compared to that of the aforementioned conventional liquid display since it does not require a lithography process for the formation of the

source region (12) and the drain region which is also used as the pixel electrode (13), thus the manufacturing processes can be simplified to this extent. Moreover, since the impurity is doped into the Si film (6) self-alignedly in relation to the gate electrode (10), the source region (12) and the pixel electrode (13) which also acts as the drain region can be formed self-alignedly in relation to the gate electrode (10).

Furthermore, since the Si film for the thin film transistor (T) and the pixel electrode (13) are constituted by the common thin Si film (6), the overall surface is flat, thereby preventing the line breaks in the gate bus line (9) and the source bus line (15).

Heretofore, the present invention has been explained in detail, however, the present invention is not limited to the above embodiment, and various altered forms based on the technical concept of the present invention are possible.

For example, instead of using the a-Si:H film (3), an a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub>:H (0<x<1) film, an a-Si<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>:H (0<x<1) film, an a-Si<sub>x</sub>O<sub>1-x</sub>:H (0<x<1) film or the like can also be used. Since these a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub>:H, a-Si<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>:H, and a-Si<sub>x</sub>O<sub>1-x</sub>:H films have their absorption edges nearer to the shortwave side compared to the a-Si:H film, the transmittance in the visible region can be increased. Also, the concentration of these C, N and O

can be made, for example, about  $10^{19}\text{cm}^{-3}$ , and this enables to reduce the absorption coefficient in the visible region down to  $10^5\text{cm}^{-1}$  or lower. Also, these  $\text{a-Si}_x\text{C}_{1-x}\text{:H}$ ,  $\text{a-Si}_x\text{N}_{1-x}\text{:H}$  and  $\text{a-Si}_x\text{O}_{1-x}\text{:H}$  films can be formed using, for example,  $\text{C}_2\text{H}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}_2$  respectively, as a reaction gas, besides  $\text{SiH}_4$ , during the growth by a plasma CVD method. Moreover, since the high transmittance is required for the pixel electrode (13), for example, the C, N or O can be added by the aforementioned LIMPID method to the  $\text{a-Si:H}$  film (3) after it is formed. In addition, this  $\text{a-Si:H}$  film (3) is not necessarily required to be formed by a plasma CVD method, and it can be formed also by a sputtering method or vapor deposition method. Furthermore, as for the impurity doping method for the formation of the source region (12) and the pixel electrode (13) which also acts as the drain region, the GILD (Gas Immersion Laser Doping) method wherein the impurity doping is performed by irradiating a pulsed laser beam in a gas containing an impurity to be doped (for example, where an n-type impurity is intended,  $\text{PH}_3$ , and where a p-type impurity is intended,  $\text{B}_2\text{H}_6$ ), can be employed.

Moreover, as for the pulsed laser beam (5), it is also possible to use, for example, a pulsed laser beam by XeF excimer laser (wavelength: 351nm). Also, instead of the glass substrate (1), it is also possible to use a substrate

made of a transparent resin material such as, for example, poly methyl methacrylate (PMMA), polycarbonate or the like.

Also, in the above embodiment, the case where the present invention is applied to a liquid crystal display manufacture is explained, however, the present invention can also be applied to any manufacturing of active matrix type display devices other than liquid crystal displays. For example, where the interlayer insulating film (14) on the pixel electrode (13) in the above embodiment is eliminated, and as for a display material, an electrochromic (EC) material is used instead of liquid crystal, an active matrix type electrochromic display can be manufactured. Furthermore, where a photosensor material is used instead of liquid crystal, a two-dimensional sensor can be manufactured.

#### [Effect of the Invention]

As explained heretofore, according to the present invention, a high-performance thin film transistor using a cheap glass substrate or resin substrate can be manufactured since an amorphous silicon film is crystallized by irradiating a pulsed laser beam to give it a heat, and at the same time, a source region and a drain region are formed by impurity doping using the irradiation of a pulsed laser beam. Also, the impurity is doped into the silicon film self-alignedly in relation to the gate electrode, the source

region and the drain region of the thin film transistor can be formed self-alignedly in relation to the gate electrode. Moreover, since the lithography process for the formation of the source region and the drain region is not required, at least by this amount, the number of the lithography processes is reduced, thereby the manufacturing processes 4. can be simplified.

#### Brief Description of Figures

Fig. 1 A through Fig. 1 D are cross sectional views for explaining the process flow of an active matrix type liquid crystal display in one embodiment of the present invention, Fig. 2 is a cornerwise view of a finished liquid crystal display manufactured by the method indicated by Fig. 1 A through Fig. 1 D, Fig. 3 is a graph indicating the transmittance spectrum of an as-deposited a-Si:H film and that of this a-Si:H film after it is crystallized by the irradiation of a pulsed laser beam, Fig. 4 is a graph indicating the wavelength dependency of the absorption coefficient calculated from the transmittance spectra indicated in Fig. 3, Fig. 5 A is a cornerwise view of an example of a conventional active matrix type liquid crystal display, and Fig. 5 B is a cross sectional view taken along the line X-X in Fig. 5 A.

# Description of Reference Numerals

1: glass substrate (transparent substrate), 3: a-Si:H film,  
6: crystallized Si film, 9: gate bus line, 10: gate  
electrode, 15: source bus line, T: thin film transistor

Patent Attorney: Sugiura, Masatomo